

APLICACIÓN DE LA GUÍA DE DISEÑO MECÁNICO-EMPÍRICO DE PAVIMENTOS
DISEÑADA POR LA AASHTO, UNA OPCIÓN DE CRECIMIENTO PARA COLOMBIA

APPLICATION FOR THE MECHANISTIC-EMPIRICAL PAVEMENT DESIGN GUIDE
DESIGNED BY AASHTO AN OPTION OF DEVELOPMENT FOR COLOMBIA

AUTOR

Nelson Olivo Matiz Flórez

DIRECTOR DE TESIS

Javier Fernando Camacho Tauta

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

INGENIERIA DE PAVIMENTOS

BOGOTA DC.

2015

APLICACIÓN DE LA GUÍA DE DISEÑO MECÁNICO-EMPÍRICO DE PAVIMENTOS DISEÑADA POR LA AASHTO, UNA OPCIÓN DE CRECIMIENTO PARA COLOMBIA

APPLICATION FOR THE MECHANISTIC-EMPIRICAL PAVEMENT DESIGN GUIDE DESIGNED BY AASHTO AN OPTION OF DEVELOPMENT FOR COLOMBIA

Nelson Olivo Matiz Flórez
Ingeniero Civil
Residente 2 de Presupuestos
Pavimentos Colombia SAS. Bogotá, Colombia.
matizfnelson@gmail.com

RESUMEN

La inclusión de la Guía de Diseño Mecánico – Empírico de Pavimentos en el país, es un paso que debe dar Colombia para poder estar a la vanguardia de la tecnología en gestión de pavimentos. El uso del MEPDG genera una disminución en el costo de construcción y operación de las redes viales, gracias al factor de seguridad que da a la información de entrada al método y los informes que se obtienen como salida con la predicción del comportamiento de los pavimentos. Por otra parte la inclusión de este sistema de diseño y evaluación de pavimentos, daría un mejor nivel de competitividad a nivel internacional a los profesionales en vías del país.

Colombia cuenta con las herramientas necesarias para ingresar en el mundo del diseño mecánico – empírico de Pavimentos, hace falta solo el apoyo del gobierno en temas de inversión para el sector.

ABSTRACT

The inclusion of Mechanical Design Guide - Empirical of Pavement in the country, is a step for Colombia to be at the forefront of technology in pavement management. The use of MEPDG reduces the cost of the construction and operations of road networks, thanks to the factor of safety given by the input methods and the reports that are obtained as output with the prediction of the behavior of pavements. On the other hand, the inclusion of this system of design and evaluation of pavements would give a better level of competitiveness to the road professionals of Colombia, at an international level.

Colombia has the necessary tools to enter the world of mechanical design - Empirical Pavement, only needs the government's support in the areas of investment for the sector.

Palabras Claves: MEPDG, Clima, Tránsito, Espectro de Carga.

Keywords: MEPDG, Weather, Traffic, Load Spectrum.

INTRODUCCIÓN

Hoy día Colombia no cuenta con un método de evaluación de desempeño de estructuras de pavimentos que funciones bajo las condiciones particulares del país, en cuanto a geografía, clima y tránsito.

A través de los años las entidades encargadas de controlar y supervisar el diseño, construcción y operación de la red vial nacional han optado por adoptar metodologías fundamentadas en la geografía, economía y exigencias sociales de otros países.

MEPDG es un método creado para evaluar el comportamiento de un pavimento teniendo en cuenta las condiciones ambientales, características de los materiales y evaluación de tránsito, particulares de cada proyecto, lo que la hace una guía práctica para asumir las condiciones de cualquier región en todo el mundo [1]. Lo anterior es hace del MEPDG la herramienta que puede suplir la falta de investigación y de un sistema de diseño y evaluación propio del país.

A continuación se describen las herramienta e información con las cuales cuenta en la actualidad el país para desarrollar una evaluación de desempeño de sus pavimentos, y que tan cerca se encuentra de poder dar un buen uso a la Guía de Diseño Mecánico-Empírico de Pavimentos (MEPDG “Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide-MEPDG” de AASHTO (American Association Of State Highway And Transportation Officials)).

1. GUÍA DE DISEÑO MECÁNICO - EMPÍRICO DE PAVIMENTOS

En el año 2008 la AASHTO (American Association Of State Highway And Transportation Officials) publica la guía de diseño mecánico-empírico de pavimentos “Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide-MEPDG”, siendo esta una de las herramientas más completas para realizar el diseño y evaluación de estructuras de pavimento.

MEPDG pronostica el desempeño de una estructura de pavimento con base a principios Mecánico – empíricos con los cuales se calcula la respuesta de dicha estructura (esfuerzos, deformaciones y deflexiones) frente a las diferentes variables que pueden afectarla, como se muestra en la Figura 1. (Esquema funcionamiento método mecánico - empírico), teniendo en cuenta la experiencia que se obtuvo en las vías de diseño y pruebas de la AASHTO, se determina empíricamente el deterioro que las mencionadas respuestas causan en el pavimento. [1].

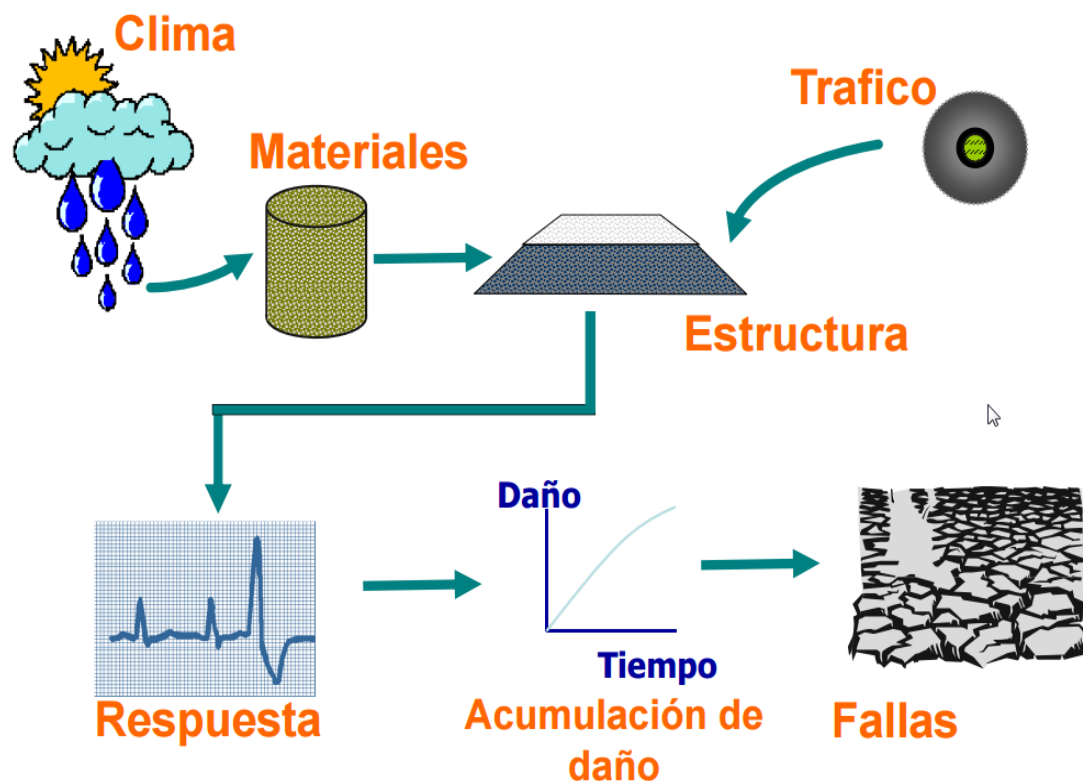


Figura 1. Esquema Funcionamiento método mecánico - empírico

Fuente: XVII Cila Aplicabilidad del Método Mecánico-Empírico de Diseño de Pavimentos (MEPDG) AASHTO 2008 en Latinoamérica

1.1. VARIABLES DE ENTRADA

1.1.1. Tránsito

A diferencia de ASSHTO 93, método en el cual se trabaja por número de ejes equivalentes, la guía MEPDG evalúa el daño provocado por cada vehículo, esto lo hace calculando el espectro de carga generado por cada eje en particular, para esto es necesario conocer de forma individual el peso de cada vehículo que transite por la vía de diseño.

Es razonable verificar el daño que puede generar las múltiples pasadas de cada uno de los ejes en particular que transitan por la vía de diseño y posteriormente hacer la

suma de los daños provocados por estos, pues que la carga ejercida por un vehículo muy pesado puede ser mayor a la soportada por la estructura y con una simple pasada se puede generar daños irreversibles, los que no sucederían por el paso de miles o hasta millones de ejes patrón, por otra parte el cálculo de ejes equivalentes va perdiendo validez a medida que crece el tránsito de diseño.

Los datos de entrada solicitados por la guía MEDPG [1] en cuanto a tránsito son los siguientes:

- Tránsito promedio diario
- Porcentaje de camiones en el carril de diseño
- Porcentaje de camiones en la dirección de diseño
- Velocidad de operación
- Crecimiento del tránsito de Camiones
- Distribuciones de carga Eje (simple, tandem, tridem)
- Distribución Normalizada del Volumen de Camiones
- Configuraciones de carga por Eje
- Factores de distribución Mensual
- Factores de Distribución por Horarios
- Separación entre Neumáticos Duales
- Presión del Neumático
- Zigzageo Lateral de las Cargas por Eje

1.1.2. Clima

Los datos climatológicos detallados son de gran importancia para la evaluación del deterioro de los pavimentos, estos datos indican las condiciones sobre las cuales van a estar sometidas cada una de las capas que conforman la estructura de la vía y así mismo el comportamiento que pueden llegar a tener las mismas.

Las estructuras de pavimentos sufren deterioro con el simple hecho de existir y recibir sobre si las inclemencias del ambiente, una vía sin tránsito igualmente se dañara debido a las reacciones mecánicas sufridas por la afectación del ambiente.

Un ejemplo de esto es la variación del módulo de la mezcla por los cambios en la temperatura, o el de la subrasante por efecto de las precipitaciones y/o la humedad.

Por otra parte el conocimiento de la información climatológica, del lugar de ejecución del proyecto, es base fundamental para la toma de dediciones en cuanto a estructura de drenaje, tipo de mezcla que se debe usar, acabado de la superficie de rodadura.

Los datos de entrada solicitados por la guía MEDPG [1] en cuanto a clima son los siguientes:

- Temperatura cada hora.
- Precipitación

- Velocidad del Viento
- Humedad Relativa.
- Nubosidad

1.1.3. Suelos de Fundación y Suelos Subrasantes

Como en cualquier tipo de construcción las bases sobre las cuales se levanta una estructura son una variable determinante en el buen comportamiento de la obra terminada o ya en funcionamiento.

El análisis del suelo de fundación o subrasante indica el estado del arte del lugar sobre el cual se va a cargar la estructura de pavimento, determinar en qué condiciones se encuentra un suelo y según estas condiciones cómo se comportará ante la construcción y operación de una vía, es el comienzo para la determinación del dimensionamiento de la estructura del pavimento.

De un buen análisis, realizado con los ensayos adecuados, depende el hacer una estructura acta para las solicitudes de tránsito y clima que se requieren en el diseño, esto significa mitigar el mal uso de recursos innecesarios en el sobredimensionamiento de la vía, o por el contrario construir una estructura de pavimento deficiente.

El estado de la fundación puede definir midiendo tres propiedades de básicas de la subrasante:

- Ensayos de Clasificación
- Ensayos volumétricos
- Ensayos de resistencia o de rigidez.

1.1.4. Caracterización de los materiales.

La caracterización de las propiedades de los materiales que serán usados para la construcción del diseño establecido indica el comportamiento que puede llegar a tener cada una de las capas que conforman la estructura ante las solicitudes, recién mencionadas, presentadas durante la operación de la vía

1.2. NIVELES JERARQUICOS DE LOS DATOS DE ENTRADA.

El nivel Jerárquico de los datos que se ingresan en el MEPDG Es un esquema que se utiliza para categorizar el conocimiento del diseñador acerca de los datos ingresados para análisis. Hay tres niveles disponibles para jerarquizar los valores que ingresan para la mayoría de los parámetros de materiales y tránsito.

1.2.1. Nivel de Entrada 1

El parámetro de entrada se mide directamente en forma específica para cada sitio o proyecto. Este nivel representa el mayor grado de conocimiento sobre el parámetro de entrada para un proyecto específico, pero tiene el más alto nivel de costos de recopilación de información y pruebas para determinar el valor de entrada. El Nivel 1 debe ser utilizado para diseños del pavimento en lugares con características inusuales, o bien para materiales o condiciones de tráfico que estén fuera del espacio de inferencia considerado para desarrollar las correlaciones y los valores por defecto para los Niveles de entrada 1 Y 2 [1].

1.2.2. Nivel de Entrada 2

El parámetro de entrada es calculado a partir de correlaciones o ecuaciones de regresión. En otras palabras, el valor de ingreso se calcula para datos específicos o parámetros que son menos costosos de medir. El nivel de entrada 2 también puede representar los valores regionales medidos que no son específicos del proyecto [1].

1.2.3. Nivel de Entrada 3

El parámetro de entrada está basado en valores por defecto o “mejor-estimados”. Los datos de entrada nivel 3 están basados en valores globales o regionales por defecto, como por ejemplo el valor de la mediana estadística de un grupo de datos con características similares. Este nivel de entrada tiene el menor grado de conocimiento sobre el parámetro de entrada para el proyecto específico pero tiene los costos más bajos de ensayos y recopilación de datos [1].

1.3. VENTAJAS DEL DISEÑO POR METODOLOGÍA MECÁNICO- EMPÍRICA.

- Se genera una relación directa entre la información obtenida por medio de ensayos de laboratorio, la toma de datos reales de las condiciones de tráfico y climatológicas, la experiencia adquirida en las pistas de prueba de la ASSHTO y el conocimiento y experticia del especialista diseñador.
- Hace una evaluación consecuente con la realidad del tránsito de diseño. Al trabajar por el método de espectros de carga se está estableciendo que hay diferencias en el daño provocado por dos vehículos que tienen una misma carga pero que la transmiten de forma diferente a la estructura de pavimento.

- No hay limitaciones en cuanto a materiales, tipos de pavimentos o especificaciones, el método permite hacer el análisis de cualquier tipo de estructura, siempre que se conozcan las variables de operación de la misma.
- Generan curvas de deterioro que permiten realizar de forma programada mantenimientos preventivos y correctivos que optimizan la vida del pavimento haciéndolo más rentable.
- Pronostican el desempeño del pavimento acorde con las diferentes temporadas climáticas y variaciones regulares del tránsito, que este soportará durante su tiempo de operación.
- Se evalúa con datos reales variables que con otros métodos solo se estimaban.
- Permite hacer la evaluación de las diferentes fallas que se presentan en el pavimento, individualmente, lo que permite estar preparados para rehabilitaciones puntuales según cada tipo de deterioro.[2]

2. SITUACIÓN ACTUAL EN COLOMBIA

Como se puede ver en la sección anterior, la cantidad de variables que son evaluadas por el MEPDG permiten hacer un análisis detallado del comportamiento que podrá presentar una estructura de pavimentos, con esto se puede hacer un pronóstico del deterioro que sufrirá dicho pavimento a través del tiempo, lo cual convierte a la guía en un excelente método que puede ser usado en cualquier lugar y para cualquier condición.

Por otra parte, la inversión que implica el obtener el software de la guía vale la pena siempre y cuando se pueda hacer uso del mismo en nivel 1 y/o 2 de jerarquía, el uso del nivel 3, puede tener como efecto la construcción de estructura de pavimento sobredimensionadas que generan grandes costos de ejecución y operación, costos que se pueden evitar con el uso de otros métodos menos densos como el ASSHTO 93, para este tipo de tránsitos.

Colombia en la actualidad diseña con metodología ASSHTO 93 para pavimentos asfálticos, y PCA o ASSHTO 93 para pavimentos en concreto hidráulico, tal como lo sugiere la norma INVIAS 2013 [3], métodos que son una excelente herramienta de diseño, siempre y cuando se ejecuten concienzudamente. Siendo la modelación de una estructura una de las entradas del sistema MEPDG, se puede hacer el diseño por medio del método ASSHTO 93 y proseguir con la evaluación del desempeño de la estructura resultado con la ayuda de MEPDG.

Evaluando una a una las variables de entrada del MEPDG, se puede decir que Colombia cuenta con la información suficiente para trabajar con este sistema utilizando en la mayoría de los casos el nivel 2 en jerarquía de la información.

2.1. TRÁNSITO

2.1.1. Vías Intermunicipales de la Red Nacional.

Actualmente la red nacional de vías de Colombia, cuenta con 134 estaciones de peaje (Tabla 1. Estaciones de Peajes Colombia) que cubren un total de 57 rutas entre las principales ciudades del país (Tabla 2. Rutas Nacionales que Cuentan con Peajes), las entidades encargadas de la operación de las diferentes vías nacionales tienen información histórica de volúmenes de tránsito, clasificación vehicular y peso o carga de los camiones que deben pasar por bascula antes de ingresar al peaje, datos con los cuales se puede lograr un nivel 1 en jerarquía de la información.

Tabla 1. Estaciones de Peajes Colombia.

DEPARTAMENTO	ENTIDAD ENCARGADA			
	AGENCIA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA (ANI)	GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA	INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS (INVIAS)	TOTAL
ANTIOQUIA	4	2	7	13
ATLANTICO	4			4
BOLIVAR	3		2	5
BOYACA	2		3	5
CALDAS	5		2	7
CASANARE			1	1
CAUCA	3		1	4
CESAR	4			4
CORDOBA	3		3	6
CUNDINAMARCA	16		4	20
HUILA	2		2	4
LA GUAJIRA	3		1	4
MAGDALENA	6			6
META	7		2	9
NARIÑO	3			3
NORTE DE SANTANDER	3			3
OCANA	1			1
QUINDIO	2			2
RISARALDA	1		1	2
SANTANDER	8		3	11
SUCRE	1		2	3
TOLIMA	3		3	6
VALLE DEL CAUCA	9		2	11
TOTAL GENERAL	93	2	39	134

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 2. Rutas Nacionales que Cuentan con Peajes

NOMBRE DE LA RUTA	RUTA No.	VIA
BOGOTA - ARMENIA - PEREIRA - MANIZALES.	<u>1</u>	MELGAR
BOGOTA - BARRANQUILLA - CARTAGENA	<u>2</u>	SIBERIA-MAGDALENA MEDIO-VIA AL MAR
BOGOTA-BARRANQUILLA-CARTAGENA	<u>3</u>	SIBERIA-MAGDALENA MEDIO-LA CORDIALIDAD
BOGOTA - BARRANQUILLA	<u>4</u>	CHIQUEQUIRA-BUCARAMANGA-MAGDALENA MEDIO
BOGOTA - BARRANQUILLA	<u>5</u>	TUNJA-BUCARAMANGA-MAGDALENA MEDIO
BOGOTA - BARRANQUILLA	<u>6</u>	LOS ALPES-MAGDALENA MEDIO
BOGOTA - BARRANQUILLA	<u>7</u>	SIBERIA-MAGDALENA MEDIO
BOGOTA - BUCARAMANGA	<u>8</u>	CHIQUEQUIRA
BOGOTA - BUCARAMANGA	<u>9</u>	TUNJA
BOGOTA - BUENAVENTURA	<u>10</u>	BUGA-BUENAVENTURA
BOGOTA - CALI -BUENAVENTURA	<u>11</u>	BUGA - CALI
BOGOTA - CARTAGENA	<u>12</u>	MEDELLIN-SAN ONOFRE
BOGOTA - CARTAGENA	<u>13</u>	SIBERIA-MAGDALENA MEDIO-BOSCONIA-CARMEN DE BOLIVAR
BOGOTA - CUCUTA	<u>14</u>	CHIQUEQUIRA
BOGOTA - CUCUTA	<u>15</u>	TUNJA
BOGOTA - HONDA - MANIZALES	<u>16</u>	SIBERIA-LA VEGA
BOGOTA - HONDA - MANIZALES - MEDELLIN	<u>17</u>	SIBERIA-HONDA-MARIQUITA
BOGOTA - IPIALES - RUMICHACA	<u>18</u>	PALMIRA
BOGOTA - MEDELLIN	<u>19</u>	SIBERIA-HONDA-PUERTO TRIUNFO
BOGOTA - MONTERIA	<u>20</u>	SIBERIA-MEDELLIN-PLANETA RICA
BOGOTA - NEIVA - SAN AGUSTIN	<u>21</u>	MELGAR
BOGOTA - SANTA MARTA	<u>22</u>	TUNJA
BOGOTA - SANTA MARTA	<u>23</u>	SIBERIA-MAGDALENA MEDIO
BOGOTA - SOGAMOSO - YOPAL	<u>24</u>	TUNJA-SOGAMOSO
BOGOTA - VALLEDUPAR	<u>25</u>	CHIQUEQUIRA-BUCARAMANGA
BOGOTA - VALLEDUPAR	<u>26</u>	TUNJA-BUCARAMANGA
BOGOTA - VALLEDUPAR	<u>27</u>	SIBERIA-MAGDALENA MEDIO
BOGOTA - VILLAVICENCIO	<u>28</u>	CAQUEZA
BOGOTA - VILLAVICENCIO - GRANADA	<u>29</u>	CAQUEZA
BOGOTA - VILLAVICENCIO - PUERTO LOPEZ - PUERTO GAITAN	<u>30</u>	CAQUEZA
BOGOTA – YOPAL	<u>31</u>	GUATEQUE-AGUACLARA
BOGOTA – YOPAL	<u>32</u>	VILLAVICENCIO
MEDELLIN - BUCARAMANGA	<u>33</u>	PUERTO TRIUNFO-MAGDALENA MEDIO
MEDELLIN – CALI	<u>34</u>	LA PINTADA- SUPIA-CARTAGO-BUGA-CALI
MEDELLIN - CARTAGENA - BARRANQUILLA	<u>35</u>	EL CARMEN DE BOLIVAR
MEDELLIN - CARTAGENA - BARRANQUILLA	<u>36</u>	SAN ONOFRE-CALAMAR
MEDELLIN - NEIVA	<u>37</u>	GUARNE-PUERTO TRIUNFO-HONDA
MEDELLIN - TURBO	<u>38</u>	SAN CRISTOBAL-MUTATÁ-APARTADÓ
MEDELLIN - VALLEDUPAR	<u>39</u>	CISNEROS-PUERTO BERRIO-MAGDALENA MEDIO
BARRANQUILLA - BUCARAMANGA - CUCUTA	<u>40</u>	CENAGA-TUCURINCA-BOSCONIA-MAGDALENA MEDIO
BUCARAMANGA - CALI	<u>41</u>	GIRÓN-MAGDALENA MEDIO
CALI - IPIALES - RUMICHACA	<u>42</u>	JAMUNDI-SANTANDER DE QUILICHAO-POPAYAN-EL BORDO
CARTAGENA - MANIZALES	<u>43</u>	GAMBOTE-SAN ONOFRE-MEDELLÍN-SUPÍA
CARTAGENA - PARAGUACHON	<u>44</u>	LA BOQUILLA-PUERTO COLOMBIA-CENAGA-CAMARONES-MAICAO
CARTAGENA - VALLEDUPAR	<u>45</u>	TURBACO-EL CARMEN DE BOLÍVAR-PUENTE PLATO-BOSCONIA
CUCUTA - BOGOTA - RUMICHACA	<u>46</u>	CHIQUEQUIRA-BOGOTÁ-BUGA-MEDIACANOA-CALI-POPAYAN

CUCUTA - BUCARAMANGA - MEDELLIN	<u>47</u>	MAGDALENA MEDIO-CISNEROS
ARMENIA - MEDELLIN	<u>48</u>	CERRITOS-LA VIRGINIA-SUPIA-LA PINTADA
BARRANCABERMEJA - MOCOA	<u>49</u>	MAGDALENA MEDIO-HONDA-NEIVA
MANIZALES - QUIBDO	<u>50</u>	SUPIA-LA PINTADA
MONTERIA - CARTAGENA - BARRANQUILLA	<u>51</u>	AL MAR
MONTERIA - CARTAGENA - BARRANQUILLA	<u>52</u>	LA CORDIALIDAD
MONTERIA - TURBO	<u>53</u>	ARBOLETES
SINCELEJO - EL CARMEN - BOSCONIA – VALLEDUPAR	<u>54</u>	EL CARMEN DE BOLÍVAR-PLATO-BOSCONIA
TUNJA - PUERTO ARAUJO	<u>55</u>	ARCABUCO-MONIQUEIRÁ-BARBOSA
TUNJA - PUERTO BOYACA	<u>56</u>	SACHICA-OTANCHE
VALLEDUPAR - PARAGUACHON	<u>57</u>	LA PAZ-VILLANUEVA



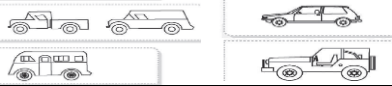
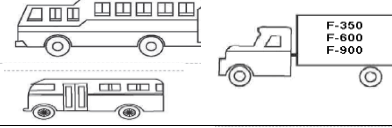




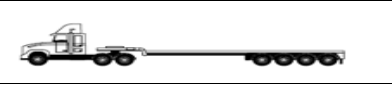


Fuente. Elaboración Propia

2.1.2. Vías Locales.

La obtención de datos para la realización del estudio y evaluación del tránsito en las vías locales se debe realizar de forma visual, por medio de apuntadores de tráfico. Este ejercicio combinado con una estricta regulación, por parte de las alcaldías y los entes de control, en cuanto a la carga máxima permitida para cada tipo de vehículo (Tabla 3. Clasificación Vehicular). que circule en la red urbana o municipal, genera datos que ingresarían en la categoría de segundo nivel jerárquico de información. Esto permitiría, al igual que la información obtenida en los puestos de peaje, realizar una evaluación y estudio de tránsito por medio del sistema de espectro de carga.

Actualmente en Colombia, las alcaldías de las ciudades capitales están contemplando la posibilidad de concesionar algunas vías principales, lo que permitiría conseguir información más precisa, de nivel 1 de jerarquía, en cuanto al tránsito local.

Tabla 3. Clasificación Vehicular

 INSTITUTO NACIONAL DE VIAS SUBDIRECCION DE ESTUDIOS E INNOVACION GRUPO VALORIZACION Y PEAJE 		
CATEGORIAS DE VEHICULOS COBRO TARIFA DE PEAJE ESTACIONES INVIAS		
CAT I	Automóviles, camperos, camionetas y microbuses con ejes de llanta sencilla.	
CAT II	Buses, busetas, microbuses con eje trasero de doble llanta y camiones de dos ejes.	
CAT III	Vehículos de pasajeros y de carga de tres y cuatro ejes.	
CAT IV	Vehículos de carga de cinco ejes.	
CAT V	Vehículos de carga de seis ejes.	
EJE GRUA	Los vehículos que prestan servicio de grúa, pagaran la tarifa correspondiente a la categoría del vehículo, además un valor adicional por cada eje del vehículo remolcado, que haga contacto con el pavimento.	
EJE ADICIONAL	Los vehículos de carga de más de seis (6) ejes, pagaran un valor adicional sobre la categoría V por cada eje adicional.	
EJE CAÑERO	Los vehículos articulados de carga destinados al transporte de caña de azúcar, que acarreen remolques, pagaran un valor adicional sobre la tarifa de la categoría del vehículo que realice la tracción, por cada eje que posea dicho remolque.	
EJE REMOLQUE	Los vehículos de carga que acarreen remolques, pagaran un valor adicional sobre la tarifa de la categoría del vehículo que realice la tracción por cada eje que posea el remolque.	

Fuente: Instituto nacional de vías (INVIAS)

2.2. CLIMA

“El clima es el conjunto fluctuante de las condiciones atmosféricas, caracterizado por los estados y evoluciones del estado del tiempo, durante un periodo de tiempo y un lugar o región dados, y controlado por los denominados factores forzantes, factores determinantes y por la interacción entre los diferentes componentes del denominado sistema climático (atmósfera, hidrosfera, litosfera, criósfera, biosfera y antropósfera). Debido a que el clima se relaciona generalmente con las condiciones predominantes en la atmósfera, este se describe a partir de variables atmosféricas como la temperatura y la precipitación, denominados elementos climáticos; sin embargo, se podría identificar también con las variables de otros de los componentes del sistema climático.”. Extraído de <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/clima>, Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM). [4].

El Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM) supervisa constantemente el estado del tiempo y cambio climáticos que suceden en

el territorio nacional, esto con el fin de prevenir desastres naturales y mantener informada a la población acerca del curso del clima.

El IDEAM cuenta en la actualidad con un historial de información climatológica (lluvia, temperatura, brillo solar, humedad relativa) que se viene almacenando desde el año 1971. Dicha información ha sido tomada de 2046 estaciones meteorológica ubicadas en 798 municipios de los 33 departamentos que conforman el país, incluyendo a Bogotá, como se muestra en la Tabla 4 (Distribución de Estaciones Meteorológicas en Colombia).

Tabla 4. Distribución de Estaciones Meteorológicas en Colombia

DEPARTAMENTO	ESTACIONES METEOROLÓGICAS
Amazonas	20
Antioquia	169
Arauca	9
Atlántico	29
Bogotá DC	46
Bolívar	80
Boyacá	146
Caldas	39
Caquetá	21
Casanare	21
Cauca	103
Cesar	68
Choco	41
Córdoba	76
Cundinamarca	172
Guainía	6
Guaviare	4
Huila	124
La Guajira	60
Magdalena	70
Meta	59
Nariño	62
Norte de Santander	93
Putumayo	33
Quindío	5
Risaralda	33
San Andrés Prov. y santa Catalina	7
Santander	116
Sucre	40
Tolima	133
Valle del Cauca	130
Vaupés	8
Vichada	23
Total general	2046

Fuente. Elaboración Propia

Así las cosas, en cuanto a la variable clima, Colombia cuenta con información de nivel 1 en jerarquía para las zonas aledañas a las estaciones meteorológicas del país, y con información de nivel 2 para el restante del territorio, para las zonas alejadas de las estaciones meteorológicas se tendrá en cuenta la relación de la información obtenida de las estaciones meteorológicas menos alejadas y en las cuales se cuente con condiciones similares.

2.3. ANÁLISIS DEL SUELO Y CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES.

Colombia cuenta con la tecnología requerida para realizar análisis de suelos detallados y caracterización completa de materiales, pudiendo generar información de nivel 1 de jerarquía. Ahora bien, dicha tecnología es de difícil acceso por dos razones, en primer lugar la oferta de equipos de alta precisión es demasiado baja y el mercado para los proveedores se centra en obra de gran envergadura; por otra parte los proyectos de infraestructura vial, en los cuales hace parte el estado, generalmente tienen presupuestos reducidos para el componente de diseño lo que impide que el contratista realice ensayos de elevado costo, adicional a esto, normalmente los contratos son adjudicados con tiempo insuficientes para conseguir los equipos teniendo en cuenta la baja oferta de lo mismo. Lo anterior provoca que la información que se adquiere en cuanto a análisis de suelos y caracterización de materiales, sea en su mayoría de nivel 2 de jerarquía para proyectos grandes y de nivel 3 para proyectos locales de presupuestos menores a los 1.000 millones de pesos colombianos.

3. MEPDG en Colombia.

Definitivamente el progreso de un país está vinculado directamente con estar a la vanguardia de la tecnología, después de más de 7 años del lanzamiento al mercado de la guía MEPDG, en Colombia se continúa trabajando a nivel de diseño, dejando de un lado la evaluación y pronóstico del desempeño de la estructura de pavimento que se propone.

Lo anterior se debe a múltiples causas que se pueden resumir de la siguiente manera: falta de conocimiento del manejo del MEPDG por parte de los encargados de la gestión de infraestructura vial en el país; el desinterés del estado por destinar recursos para la investigación y calibración de los métodos de predicción del desempeño del pavimento durante su vida de diseño; No se cuenta con acceso al software del MEPDG, ni siquiera por parte de las instituciones educativas; la baja oferta de equipos de laboratorio de alta precisión para ensayos de materiales y el alto costo de dichos ensayos y en general la falta de apoyo por parte de las entidades gubernamentales [5].

Es indispensable dar solución a todas las restricciones que están evitando el ingreso de las nuevas tecnologías al país. La implementación del MEPDG en Colombia traerá como efecto la precisión en el diseño de estructuras de pavimento, evitando

así la ejecución de obras sobredimensionadas o sub-dimensionadas, que en ambos casos generan sobre costos al estado y a los dueños principales de los contratos de infraestructura vial; por otra parte se podrá generar planes de mantenimiento que permitan atacar las fallas que se presenten en el pavimento a tiempo, disminuyendo así los costos de reparación y manteniendo un mejor nivel de servicio para los usuarios de las vías.

Adicional a lo anterior, es necesario que los profesionales colombianos cuenten con las herramientas suficientes para poder competir y mostrarse a nivel internacional, lo que se logra con la capacitación y experiencia en el manejo de las tecnologías que están revolucionando en el mundo.

Definitivamente Colombia, no solo tiene las razones de peso, sino también cuenta con las herramientas necesarias para abrirle la puerta a la Guía de Diseño Mecánico-Empírico de Pavimentos.

4. CONCLUSIONES

4.1. Variables de Diseño.

Colombia cuenta con los medios necesarios para la toma de datos correspondiente a las solicitudes exigidas por la Guía de Diseño Mecánico-Empírico de Pavimentos, en cada una de sus variables.

4.2. Nivel de Jerarquía de la Información.

Teniendo en cuenta que se cuenta con las herramientas y equipos necesarios para lograr información de nivel 1, pero a su vez estas herramientas y equipos son limitados y se encuentran sectorizados, se puede decir que Colombia aplicaría en un nivel 2 en cuanto a al nivel de jerarquía de la información.

4.3. Intervención del Estado.

Para lograr la implementación del MEPDG en Colombia es indispensable que el estado ponga de su parte en diferentes aspectos:

- Las partidas presupuestales dispuestas para diseño en los proyectos de infraestructura vial, deben contemplar el costo de los ensayos necesarios para la óptima caracterización de materiales.
- Los controles correspondientes a cargas máximas permitidas y presión de inflado adecuado, deben ser muy rigurosos, de tal forma que se logre 0% de camiones por fuera de la norma.
- La norma puede exigir el uso del MEPDG para la presentación de diseños o generar incentivos para los participantes que utilicen el

MEPDG por su cuenta. Cabe aclarar que este punto tendría validez de cumplirse los anteriores.

4.4. Educación.

Los pregrados y posgrados a fines con la ingeniería de pavimentos, deben contemplar en su pensum una materia dedicada al aprendizaje de las nuevas tecnologías, totalmente independiente de los reglamentos y manuales utilizados por las entidades encargadas de la gestión de infraestructura vial del país.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] American Association Of State Highway And Transportation Officials AASHTO; (2008). Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide. United States of America.

[2] Leiva Villacorta Fabricio, Nueva Guía De Diseño Mecanística-Empírica Para Estructuras De Pavimento (Vistazo A La Guía 2002, Proyecto Nchrp I 37a). Costa Rica, 19 p. Universidad de Costa Rica. Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME).

[3] Instituto Nacional de Vías INVIAS; (2013). Especificaciones Técnicas INVIAS 2013; Colombia.

[4] Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM). Consultada en Octubre de 2015. En: <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/clima>.

[5] Foro 239-3-13 Aplicabilidad del Método Mecanístico – Empírico de Diseño de Pavimentos (MEPDG) AASHTO 2008 en Latinoamérica. Consultado en Noviembre de 2015. En: <https://mail.google.com/mail/u/1/#inbox/1514abc19a0f71ae?projector=1>

[6] Instituto Nacional de Vías (INVIAS). Consultada en noviembre de 2015. EN: <https://www.invias.gov.co/index.php/>